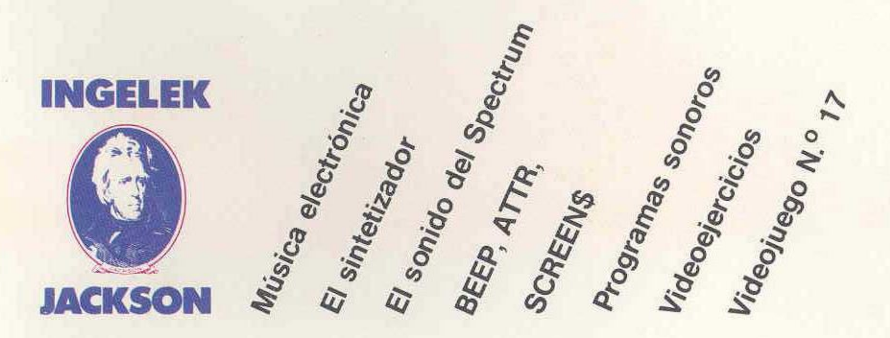


20 LECCIONES DE BASIC
PARA APRENDER CON EL SPECTRUM

INGELEK



JACKSON

17

Spectrum

16K/48K/PLUS



VIDEO BASIC
Una publicación de
INGELEK JACKSON
Director editor por INGELEK:
Antonio M. Ferrer
Director editor por JACKSON HISPANIA:
Lorenzo Bertagnolio
Director de producción:
Vicente Robles
Autor: Softidea
Redacción software italiano:
Francesço Franceschini,
Stefano Cremonesi
Redacción software castellano:
Fernando López, Antonio Carvajal,
Alberto Caffarato, Pilar Manzanera
Diseño gráfico:
Studio Nuovaidea
Ilustraciones:
Cinzia Ferrari, Silvano Scolari,
Equipo Galata
Ediciones INGELEK, S. A.
Dirección, redacción y administración,
números atrasados y suscripciones:
Avda. Alfonso XIII, 141
28016 Madrid. Tel. 2505820
Fotocomposición: Espacio y Punto, S. A.
Imprime: Gráficas Reunidas, S. A.

ISBN del tomo 4: 84-85831-20-9
ISBN del fascículo: 84-85831-11-X
ISBN de la obra completa: 84-85831-10-1
Depósito Legal: M-15076-1985
Plan general de la obra:
20 fascículos y 20 casetes, de aparición quincenal,
coleccionables en 5 estuches.
Distribución en España:
COEDIS, S. A.
Valencia, 245. 08007 Barcelona.
INGELEK JACKSON garantiza la publicación de todos
los fascículos y casetes que componen esta obra y el
suministro de cualquier número atrasado o estuche
mientras dure la publicación y hasta un año después de
terminada.
El editor se reserva el derecho de modificar
el precio de venta del fascículo,
en el transcurso de la obra, si las circunstancias del
mercado así lo exigen.

Impreso en España.



SUMARIO

HARDWARE 2
La música electrónica. El sintetizador. La generación del sonido. El sonido y el ordenador. La producción de los sonidos. El sonido y el Spectrum.

EL LENGUAJE 20
Qué es el sonido. BEEP, ATTR, SCREEN$.

LA PROGRAMACION 28
Programas sonoros. Teclado musical.

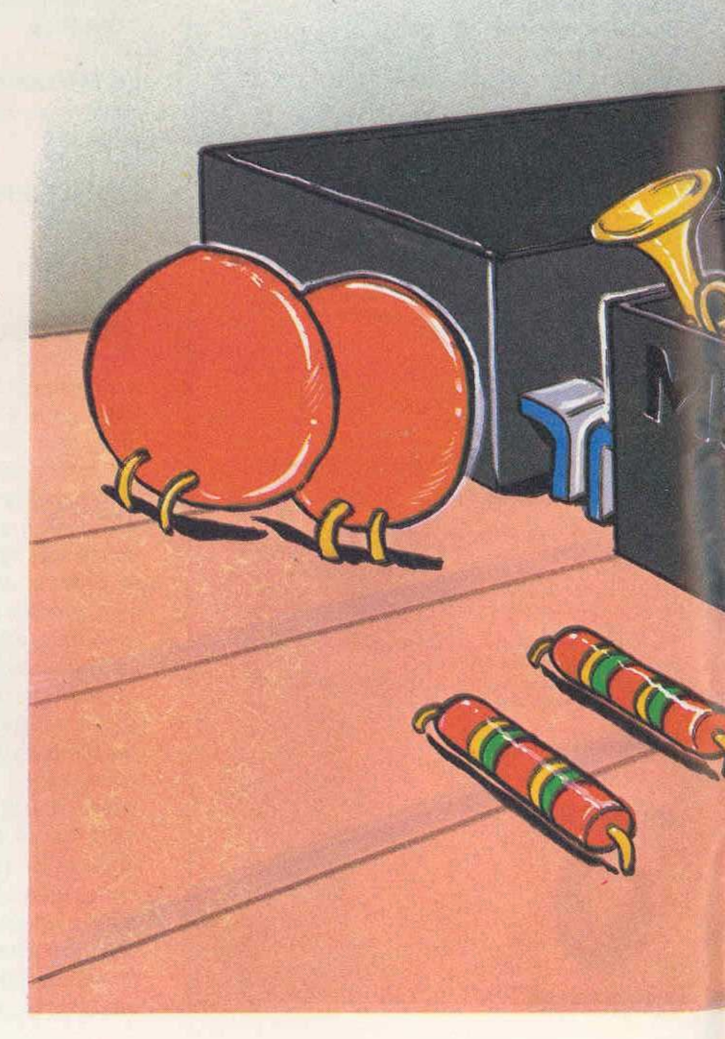
VIDEOEJERCICIOS 32

Introducción

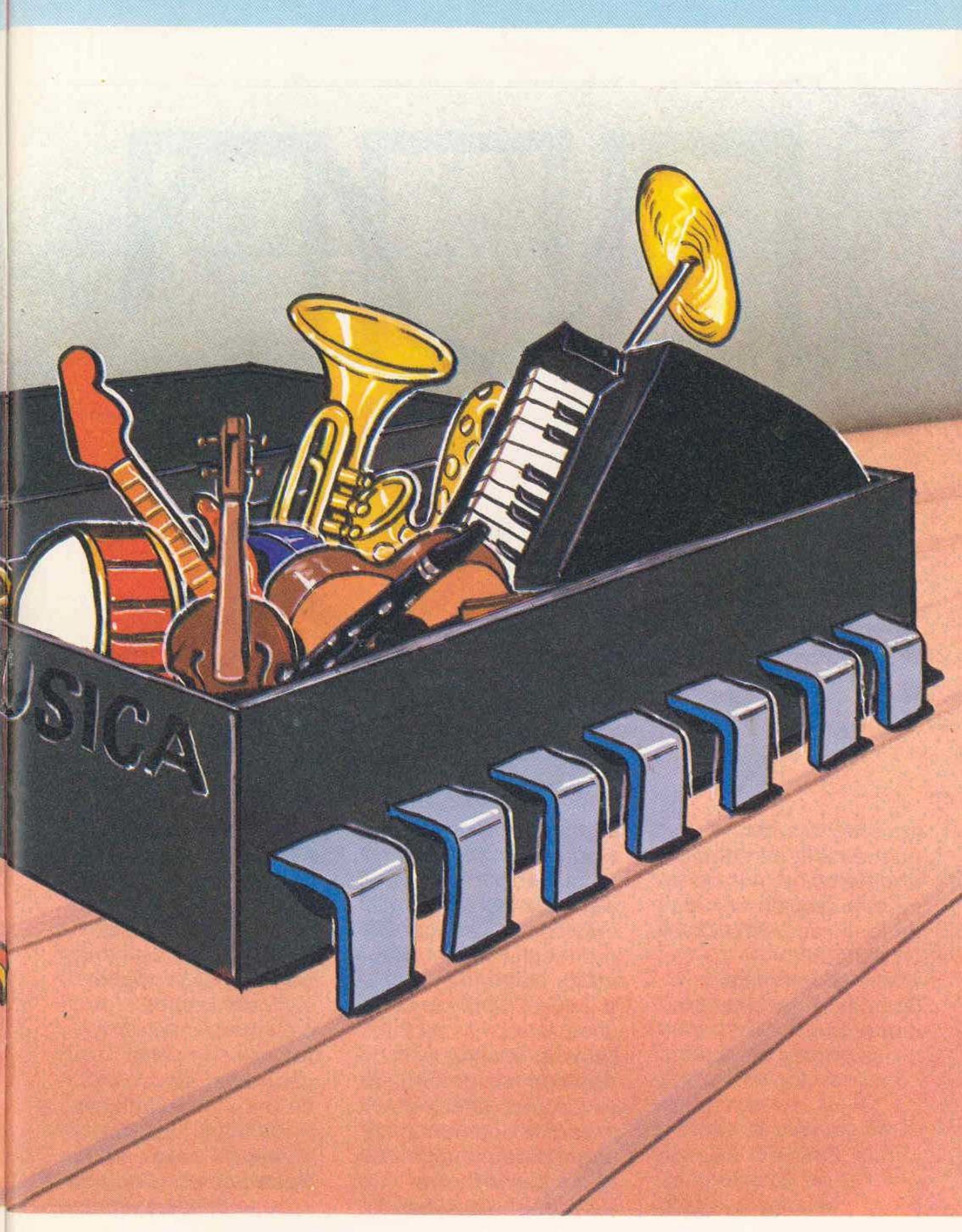
La frase apropiada podría ser: «Uno, diez, cien instrumentos musicales en uno solo: ¡el ordenador!
El ordenador, más o menos solapadamente, se ha incorporado a la relación de los instrumentos musicales típicos —como la guitarra, el órgano, el clarinete, etc.— imitando sus sonidos o creándolos nuevos.
Existen a este objeto sofisticados aparatos electrónicos más dignos de un experto programador que de un músico inspirado.
Sin embargo, ya puedes tocar con tu ordenador.
No es que tu C64 se haya «entonado» improvisadamente, sino solamente que las características que componen un sonido (intensidad, timbre, duración, altura) son reconvertibles a términos numéricos.
Y ¡¿entonces...?! Buena interpretación.

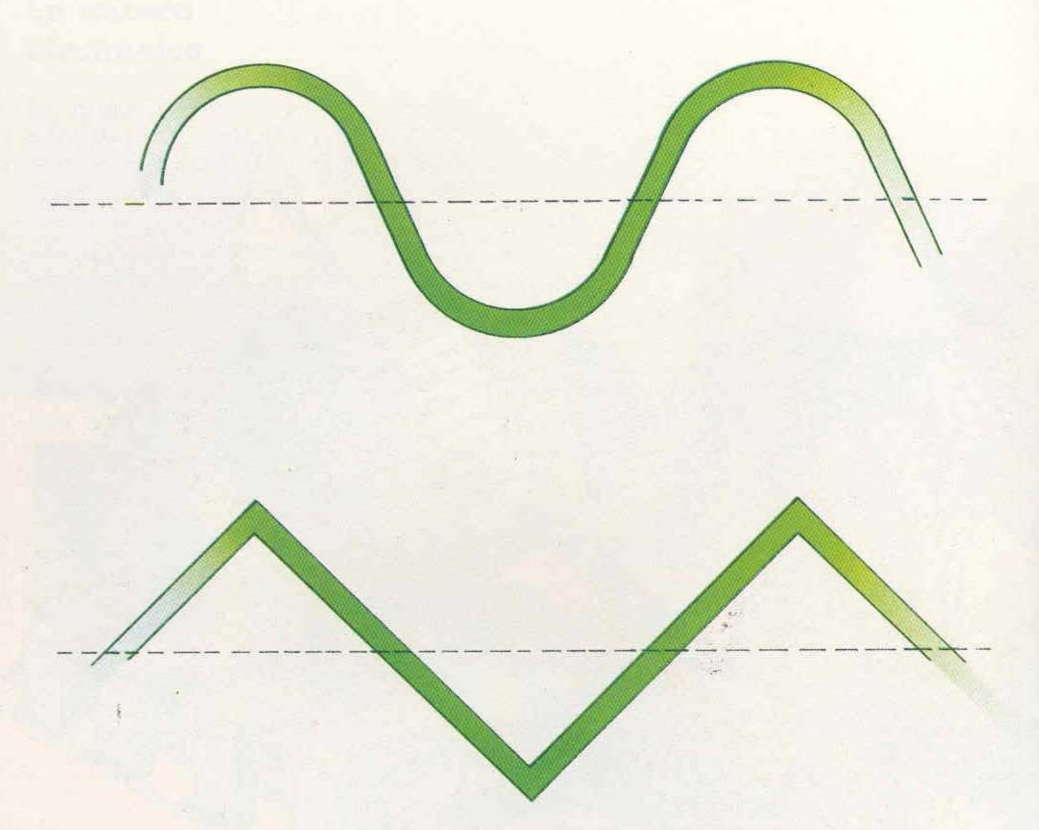
La música electrónica

Es ya del dominio público para cualquiera que la electrónica — desde su nacimiento— ha entrado, primero tímidamente y después con una importancia cada vez creciente, también en el sector musical, llegando en nuestro días a proponer con una frecuencia casi cotidiana nuevos instrumentos y dispositivos proyectados para generar o imitar sonidos cada vez más complejos y elaborados. Las posibilidades musicales se han extendido en estos últimos años también a

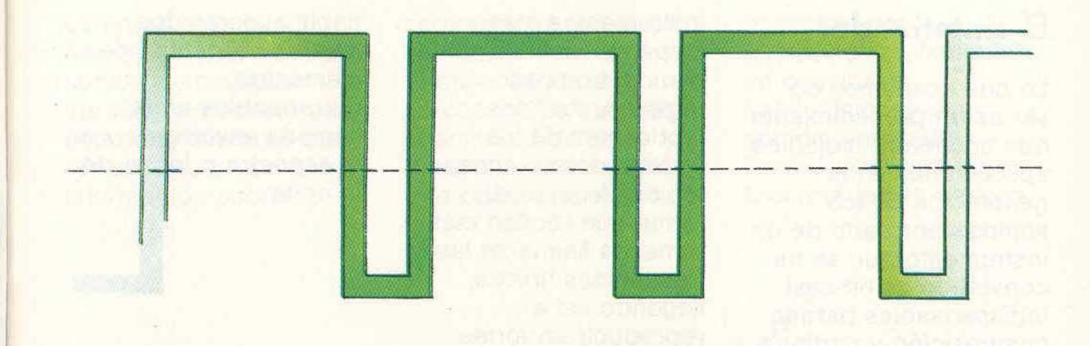


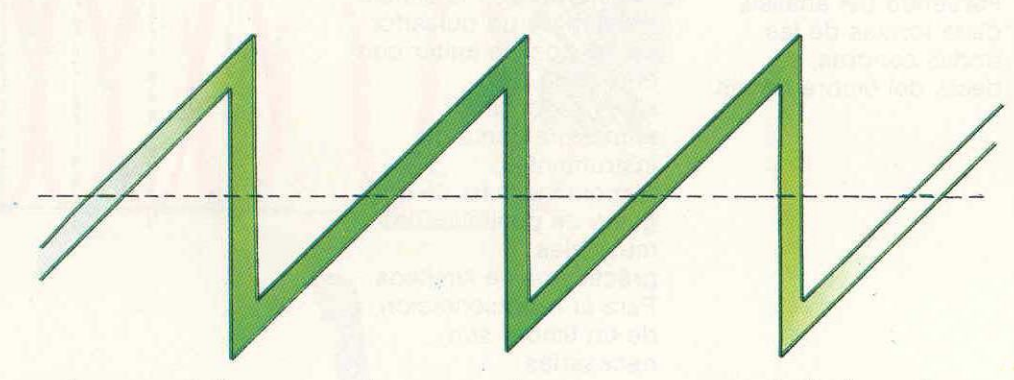
HARDWARE





los ordenadores pequeños y personales: afrontaremos, por tanto, en esta lección el tema de la música electrónica en general, adentrándonos más tarde en el fascinante mundo de la producción y de la composición de sonidos mediante ordenador.
La mayor parte de los sistemas electrónicos empleados para la producción de música utiliza como fuente principal de la señal un componente especial llamado oscilador. Un oscilador es un circuito electrónico capaz de producir —partiendo de una entrada constante (generalmente, una tensión)— una señal eléctrica variable en el tiempo con una cierta frecuencia (es decir, que la repite diversas veces cada segundo).
Existen osciladores de numerorísimos tipos, normalmente clasificados según la forma de la señal generada: sinusoidal, de onda cuadrada, de onda triangular, de diente de sierra, etc.
Cada uno de ellos tiene aplicaciones específicas

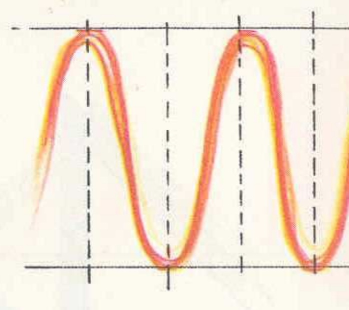


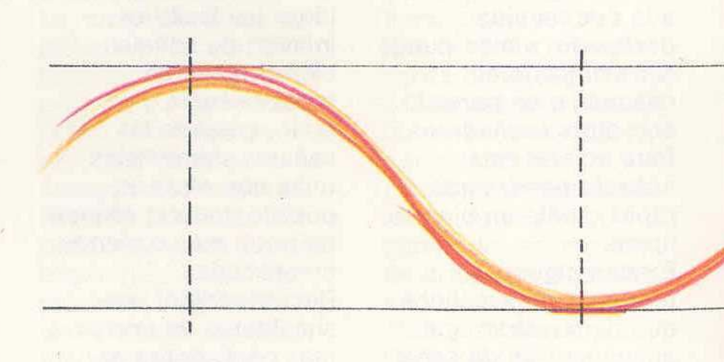


en el campo de la utilización determinada a la que ha sido destinado, o bien puede ser empleado en cascada o en paralelo con otros osciladores.
Para aclarar este aspecto pondremos rápidamente un ejemplo típico.
Existen algunos teoremas matemáticos que demuestran que cualquier tipo de señal periódica puede ser descompuesta en una serie más o menos larga (su límite es infinito) de señales elementales; en consecuencia, por tanto, uniendo las señales elementales unas con otras es posible generar formas de onda más o menos complicadas.
Recurriendo al uso simultáneo de uno o más osciladores es entonces posible reproducir de modo «artificial» señales eléctricas de cualquier tipo, duración o frecuencia.
Será suficiente con conocer todos los parámetros característicos de una onda determinada y podremos ser capaces de recrearlas de manera relativamente sencilla mediante la composición de las diversas señales.

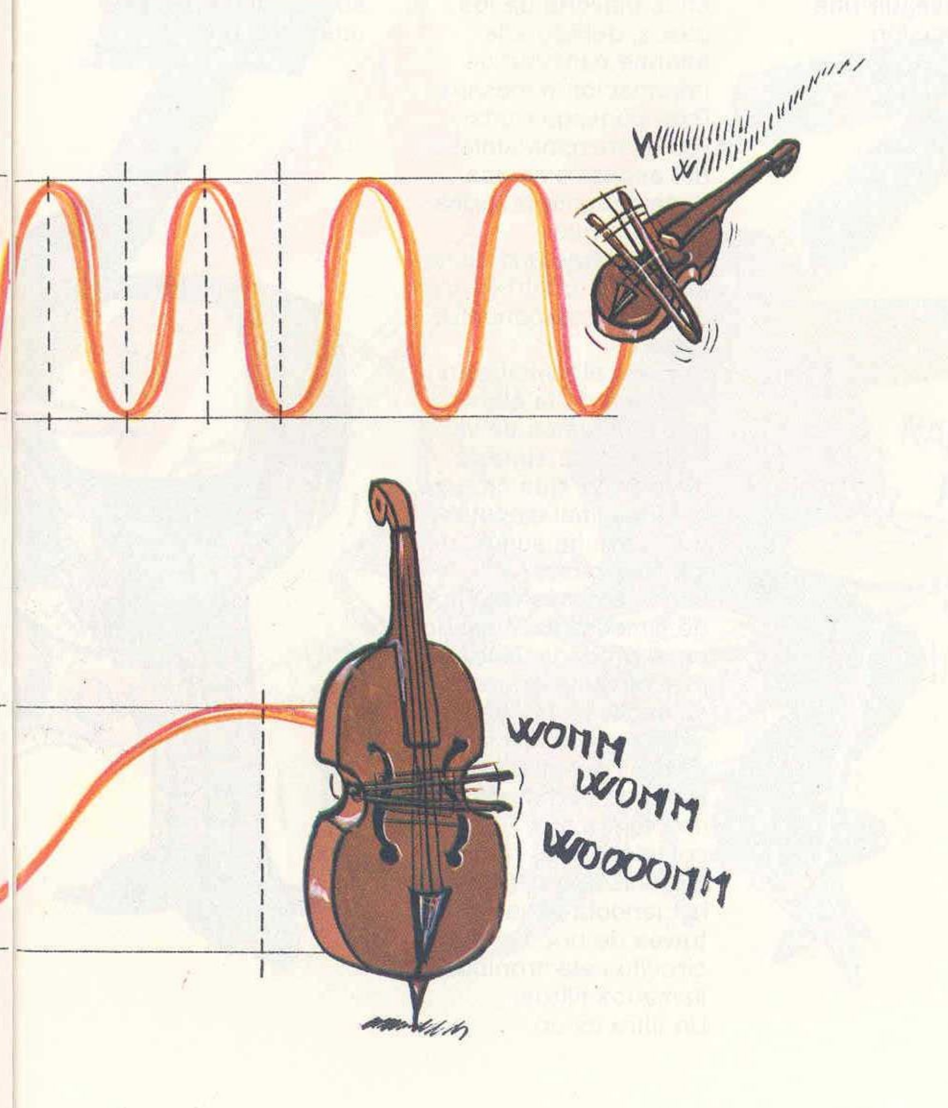
El sintetizador

Lo que acabamos de ver es un procedimiento que encuentra múltiples aplicaciones en la generación de los sonidos por parte de un instrumento que se ha convertido ya en casi indispensables para la composición y partitura de la música moderna, el sintetizador.
Partiendo del análisis de la formas de las ondas sonoras, es decir, del timbre de los instrumentos más dispares (violines, pianos, trompas, órganos, etc.), los fabricantes de los sintetizadores «afinan» los osciladores de forma que repitan más o menos fielmente las frecuencias típicas, llegando así a reproducir en forma electrónica las características tonales y de timbre. Con la simple presión de un pulsador es así posible imitar con el teclado del sintetizador una amplísima gama de instrumentos, disponiendo así de una gama de posibilidades musicales prácticamente ilimitada.
Para la representación de un timbre son necesarias habitualmente dos familias diferentes de elementos, reagrupables en la llamada envolvente y en el espectro o forma de la onda.

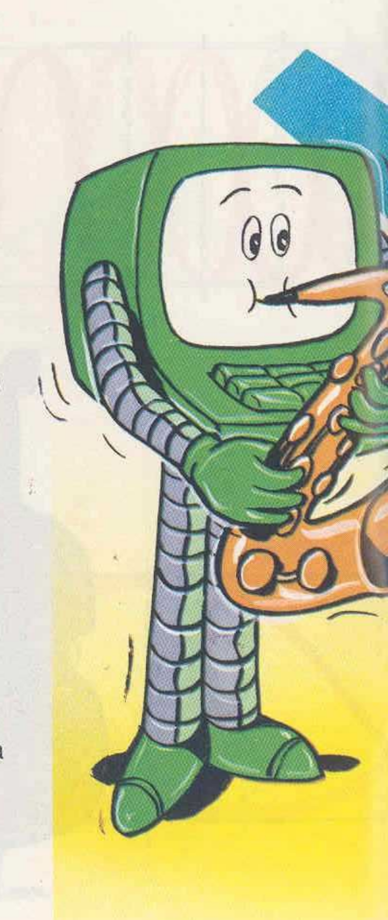




La envolvente nos describe como varía el sonido de amplitud durante la ejecución de una nota, mientras que el espectro proporciona información sobre la complejidad del propio sonido.
El espectro de un sonido indica también la amplitud de cada componente elemental que constituye el propio espectro, por componente elemental se considera habitualmente un sonido sinusoidal, llamado también puro.
Los problemas derivan



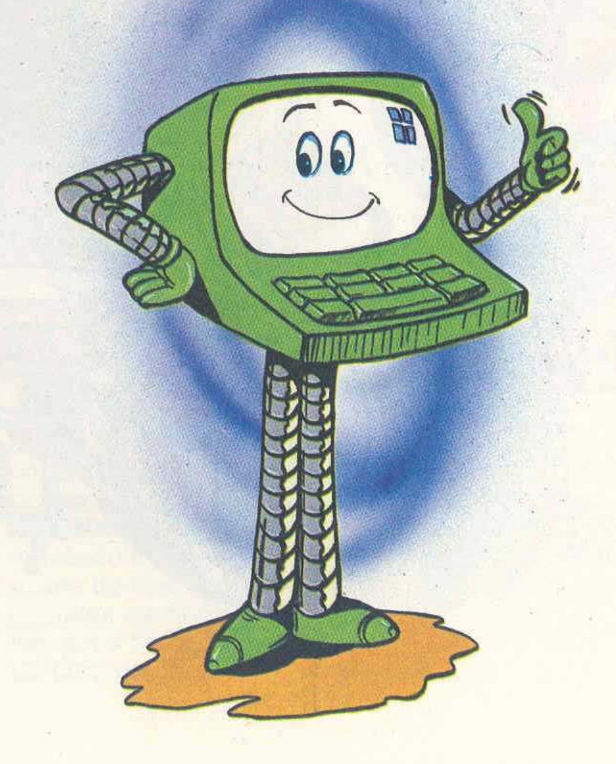
del hecho de que normalmente en los intrumentos tradicionales el espectro no es siempre igual, sino que varía en el tiempo, por lo cual para conseguir una representación completa se debería indicar la correspondiente envolvente para cada componente elemental. Esto resulta prácticamente imposible en la mayoría de los casos, debido a la enorme cantidad de información nenesaria. Para conseguir una representación sintética del espectro se usa generalmente la forma de onda que corresponde a la suma punto por punto de los diversos componentes sonoros.
Cuando el sintetizador funciona de la manera que acabamos de ver, se llama «de síntesis aditiva», ya que alcanza la señal final ejecutando una serie de sumas de señales-bases.
Existe además otro tipo de sintetizador, basado en el procedimiento exactamente opuesto, es decir, en la «síntesis substractiva». En la síntesis substractiva la señal de partida es de una forma muy compleja, y se reduce a la forma de onda deseada haciéndola pasar a través de una serie de circuitos electrónicos llamados filtros.
Un filtro es un dispositivo capaz de retener un determinado componente de onda, dejando pasar la parte restante. Existen filtros «pasa-bajo» (que permiten pasar solamente la parte de una onda con



frecuencia más baja), filtros «pasa-alto» (que permiten, en cambio, pasar solamente a las frecuencias más altas) y filtros «pasa-banda» (que permiten pasar a todos los componentes que tengan una frecuencia comprendida entre dos límites bien definidos).



La síntesis substractiva resulta técnicamente menos dificultosa de realizar que la síntesis aditiva, y requiere un equipo generalmente menos costoso.
Sin embargo, este método es bastante limitado respecto al número de formas de onda que pueden ser creadas directamente.
Podría parecer que, generando una señal inicial que contenga un número infinito de frecuencias (este tipo de señal se llama «ruido blanco» y, por ejemplo, puedes escucharlo cuando, sintonizando tu radio o tu televisor sobre una determinada emisora, atraviesas una zona donde no existen señales emitidas por ninguna estación transmisora), sería posible resolver el problema.
Desgraciadamente, sin embargo, serían necesarios infinitos filtros para llegar a la señal deseada: el asunto es, por tanto, irrealizable.
La síntesis aditiva resulta más versátil, mientras que la substractiva es más sencilla y barata.
Como compromiso, muchos sintetizadores ofrecen ambas, generando habitualmente nuevas formas de onda al combinar señales obtenidas con síntesis aditiva con señales producidas mediante síntesis substractiva.



La generación del sonido

Una vez presentados los elementos fundamentales para la generación de la señal que se quiere reproducir es necesario ahora hacer esta señal compatible con los dispositivos que se ocupan de la reproducción de la propia señal (es decir, los altavoces).
Veamos, por tanto —examinando los diversos elementos uno por uno— como debe estar compuesta la cadena necesaria para obtener finalmente una señal perceptible por nuestros oídos.
En primer lugar, el sintetizador debe poder generar la forma de onda que nosotros deseemos escuchar, incorporando eventualmente las modificaciones o mejoras que deban ser introducidas para obtener determinados efectos sonoros (por ejemplo: eco, reverberación, efecto-iglesia, etc.). Esta forma de onda —generada como hemos visto antes por un cierto número de osciladores— está, sin embargo, constituida por una señal de potencia muy limitada, absolutamente insuficiente como para poder ser enviada directamente a los altavoces. Entre los osciladores y los difusores acústicos deber ser insertado un amplificador, es decir, un dispositivo capaz de «reforzar» la señal, manteniendo todas las características de partida.
Una vez hecha esta operación, el altavoz (o los altavoces) puede difundir acústicamente la forma de onda de la señal eléctrica de partida, reproducida esta vez por la vía sonora.
Lo que un altavoz efectúa es así una simple transformación de señales, de eléctricas a acústicas, sin insertar o quitar ninguna información a aquello que se le proporciona como entrada.
Técnicamente, la parte más importante de todo el sistema es la constituida —es obvio— por el sintetizador; las demás desarrollan, de cierta manera, funciones secundarias (aunque, sin embargo, igual de importantes a efectos de la generación del sonido).

El sonido y el ordenador

Ahora que ya conocemos los objetos con los que podemos operar, veamos cuáles son los modos más comunes para obtener cualquier cosa «loable» a través de un ordenador.

Ante todo, el ordenador debe disponer de un sintetizador en su propio interior, o, por lo menos, de un interface que lo conecte con un sitentizador exterior. En segundo lugar, es necesario tener la posibilidad de poder manejar este sintetizador: debe, por tanto, existir un modo –ya sea hardware o software– mediante el cual poder comunicar con el sintetizador. Olvidemos por un momento, este aspecto, proponiéndonos retomarlo más adelante. Normalmente en casi todos los sistemas musicales basados en ordenadores se pueden identificar tres fases diferentes en las operaciones desarrolladas: definición de los timbres o instrumentos, organización de las sucesiones de sonidos a producir y, finalmente, ejecución de la pieza. En los sistemas dotados de un teclado conectado por interface al ordenador la segunda y la tercera fase pueden coincidir. En la primera fase se crea un tipo de sonido que deberá ser usado a continuación: esto se logra almacenando en un área de memoria oportuna del ordenador todos aquellos valores que se refieren a la envolvente y a la forma de la onda. De esta manera, durante la ejecución, cuando el ordenador encuentra la indicación de un timbre determinado debe ir a leer en esa área de memoria todos los datos referentes al timbre en cuestión, para después reproducir el sonido. En la segunda fase se debe leer al ordenador la secuencia de notas a producir, en la práctica, una especie de partitura, predispuesta de tal modo que los diversos sonidos sean organizados según tiempos de acción creciente (el tiempo de acción indica el tiempo que ha de transcurrir



entre el comienzo de la pieza y la entrada de un determinado sonido). Evidentemente, todos estos datos deberán ser memorizados en una memoria secundaria (por ejemplo en un archivo), de modo que pasado un tiempo se pueda reproducir la pieza o, eventualmente, corregir los errores. Esta segunda fase es siempre la más larga y aburrida, y en la que es más fácil equivocarse.
En la tercera fase, cuando es distinta de la segunda, el ordenador debe leer repetitivamente los datos que se refieren a la partitura y, fundiéndolos con los que se refieren al timbre, producir el sonido.
Las posibles variantes de este esquema, como ya hemos dicho antes, son tales que, por ejemplo, en los sistemas provistos de teclado musical se pueden introducir directamente los datos referentes a la partitura, tocando, lo cual hace más espontánea la posterior ejecución.

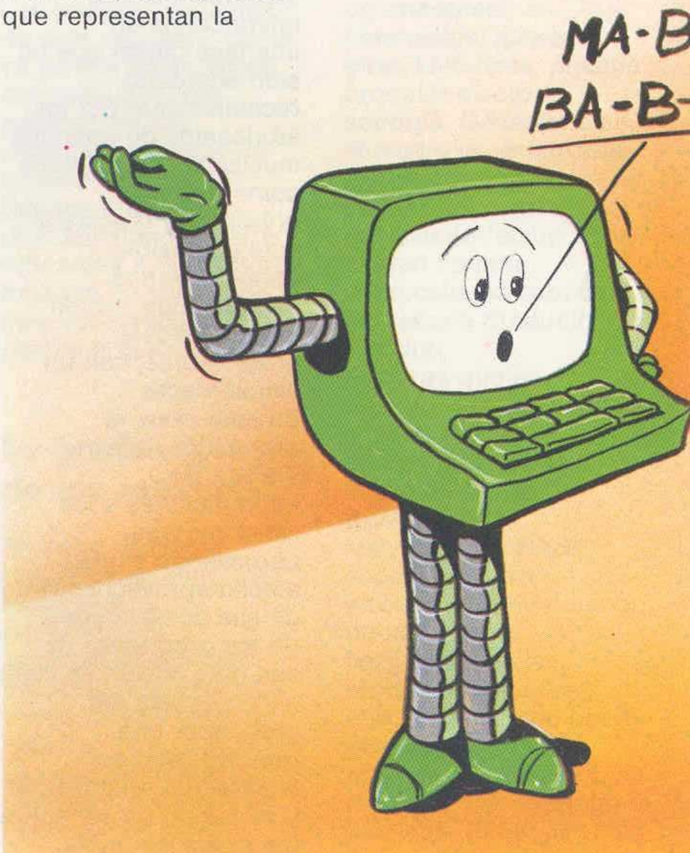
La producción de los sonidos

Se debe distinguir rápidamente entre tres técnicas y posibilidades:
1) ordenadores que producen sonidos a través de sus propios circuitos internos;
2) ordenadores que controlan dispositivos externos a ellos (por ejemplo, un sintetizador con su correspondiente interface);
3) ordenadores que producen sonidos mediante síntesis de muestreo.
El primer caso es el más sencillo y quizás el que ha podido ser experimentado por mayor número de personas. Se trata siempre de microordenadores y ordenadores personales, que entre otras funciones, pueden producir efectos sonoros. Generalmente, el medio es un circuito integrado, situado en el interior del ordenador, que puede recibir de la unidad central instrucciones capaces de hacerle producir sonidos.
Mientras que en algunos sistemas el acceso a este componente viene facilitado por la existencia de instrucciones BASIC específicas (sin embargo, en detrimento de una mayor flexibilidad de la producción sonora), en otros sistemas se opera con instrucciones a nivel de lenguaje máquina, por ejemplo, mediante PEEK y POKE.
En cualquier caso, dado

el extremadamente bajo coste de estos sistemas, las prestaciones –si bien absolutamente sorprendentes– son bastantes escasas, a causa del limitado número de voces disponibles y de la carencia de timbres.
El segundo caso es aquel que, en el estado actual de los dispositivos existentes en el mercado y en base a su precio, puede dar mayores satisfacciones.
La situación más común consiste en tener un ordenador personal conectado a uno o más sintetizadores mediante un interface del tipo del MIDI. El MIDI (abreviatúra de Musical Instrument Digital Interface) es un interface digital que ha sido acordado recientemente por los fabricantes de aparatos musicales electrónicos como estándar universal, y gracias al cual es posible conectar varios instrumentos, o bien instrumentos y ordenadores, con un simple cable.
En este caso, el ordenador recibe y envía las informaciones a los sintetizadores, permitiendo el más amplio aprovechamiento de sus posibilidades.
En los programas de uso más común se tiene en la pantalla del ordenador una reproducción del teclado del sintetizador y se puede actuar sobre las teclas mediante comandos del ordenador. La misión de este consiste en transformar la descripción de las diversas notas en una serie de valores, que deberán después ser direccionados hacía los circuitos internos del sintetizador. Las posibilidades de este sistema dependen tanto de la calidad del dispositivo externo conectado al ordenador como del tipo de programa empleado; en la práctica se debe considerar que cuanto mejores sean los dispositvos conectados al ordenador, mejores serán los resultados.
Por último, examinemos el caso de los ordenadores que operan con la síntesis por muestreo. Estos ordenadores producen directamente la señal sonora sin necesidad de osciladores externos o internos.
Intenta pensar en una forma de onda descompuesta en muchos pequeños intervalos: si nosotros consideramos la amplitud de estos pequeños intervalos como una representación aproximada de nuestra

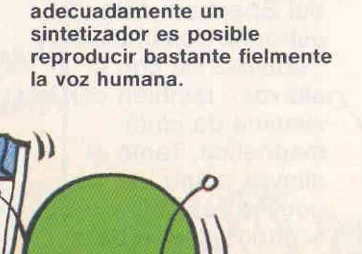
HARDWARE

onda, considerándola en sucesión ordenada, habremos realizado un muestreo de la forma de onda. Veamos ahora como se desarrolla el proceso de muestreo de una señal: la amplitud de la señal es medida a intervalos de tiempo constantes y estas medidas se memorizan aparte. En base a un razonamiento intuitivo, cuanto menores sean los intervalos de tiempo entre los cuales se mide la señal, mayor será la fidelidad de la reproducción.
En un segundo momento, los números que representan la amplitud instantánea de la señal muestreada atraviesan un convertidor digital/analógico (es decir, un dispositivo que transforma las señales digitales en magnitudes variables con continuidad, es decir, analógicas), que en salida reconstruye la señal original.



En la generación de sonidos complejos mediante muestreo el ordenador construye entonces los nuevos valores, sumando muestra tras muestra los valores de las diversas señales elementales. El resultado es una onda compleja, formada por la suma de todos los componentes elementales usados. Los sistemas que se basan en la síntesis por muestreo están constituidos generalmente por ordenadores más grandes y potentes, ya que la cantidad de cálculos necesaria para producir tan sólo un minuto de música es enorme.

Con esta técnica de síntesis musical se puede prácticamente obtener todo (o casi todo), pero aparte de su precio (verdaderamente alto), estos sistemas tienen el defecto de no poder ser usados para producir música en tiempo real (es decir, no pueden ejecutar las notas en el mismo momento en que efectúan los cálculos), como en cambio pueden hacer perfectamente los sintetizadores manejados por un ordenador.



Programando adecuadamente un sintetizador es posible reproducir bastante fielmente la voz humana.



El sonido y el Spectrum

Como ya hemos dicho antes, muchos microordenadores y ordenadores personales disponen de capacidades y posibilidades sonoras. Entre estos está tu Spectrum.
Es en cualquier caso natural que las dotes «canoras» disponibles no sean del máximo nivel: Sinclair no ha proyectado precisamente un ordenador destinado a ser usado por músicos. La posibilidad de divertirse y (¿por qué no?) de obtener alguna satisfacción está, sin embargo, asegurada. Veremos más adelante la modalidad de composición y ejecución de las piezas musicales: de momento, trataremos exclusivamente el tema desde el punto de vista del hardware, es decir, de la construcción.
El altavoz inserto en el interior del Spectrum está conectado directamente con un circuito integrado extremadamente importante para tu ordenador, llamado ULA, que la casa fabricante ha destinado al control de muchísimas funciones, entre las cuales está la sonora.
Ya que la ULA gestiona el intercambio de las informaciones de/hacia la grabadora, el generador del sonido del Spectrum está en estrecha comunicación –además de con el altavoz– también con el sistema de cinta magnética. Tanto el altavoz como los conectores MIC y EAR, situados detrás del teclado, están conectados a la misma patilla de la ULA (¿te acuerdas? las patillas son las «piernecitas» metálicas a través de las cuales un circuito integrado comunica con el mundo exterior). En esta patilla pueden estar disponibles señales de dos tipos distintos: de bajo y alto nivel.
Las señales de bajo nivel se usan cuando se desea grabar cualquier cosa (por ejemplo, un programa) en la cinta: en este caso la tensión disponible en la patilla de la ULA es suficiente para que la grabadora memorice la señal en la cinta, mientras que resulta insuficiente para el funcionamiento del altavoz (que así no emite ningún sonido).
Las señales de alto nivel, en cambio, sirven para cuando se desea «excitar» el altavoz, es decir, cuando se necesite proporcionar una energía suficiente para producir una salida sonora. En este caso, estas señales también están disponibles en los dos conectores de la grabadora; así es posible realizar directamente –a través de los cables– las grabaciones de las músicas a medida que se vayan generando, o también, si se desea obtener un sonido más fuerte, para conectar el Spectrum a un amplificador exterior.
Por lo que respecta a la manera en la que se producen los sonidos, será suficiente con saber que estos derivan de las variaciones más o menos rápidas de tensión, aplicadas a la ya citada patilla de la ULA por un generador de onda cuadrada. La frecuencia del sonido depende además del

número de veces en las que esta onda cuadrada se envía al altavoz por cada segundo.
Respecto al volumen hay poco que decir, es fijo (es decir, no modificable).
Para aumentar y potenciar las capacidades de audio del Spectrum existen en el mercado un cierto número de interfaces para sonido que permiten, a través de la utilísima RS-232, conectar al ordenador auténticos sistemas de síntesis musical, algunos de ellos hasta polifónicos (es decir, con más de un generador sonoro).
Su empleo, aunque sencillo y de fácil comprensión, suele resultar sin embargo, demasiado específico; esta es la razón que impide mencionar su funcionamiento en términos detallados.





Qué es el sonido

Como todos sabemos, el sonido es un fenómeno físico al que uno de nuestros sentidos, el oído, es sensible. El sonido se propaga en el aire mediante el desplazamiento ondulatorio de las distintas moléculas gaseosas que constituyen la atmósfera, a través de una serie de movimientos hacia adelante y hacia atrás de las partículas, con respecto a los puntos en los que se encontraban en estado de reposo.
La velocidad con la que los distintos ciclos de movimientos (que llamaremos ondas sonoras) se ejecutan depende de la nota emitida por la fuente responsable de la generación del sonido.
Esto sería comparable a lo que ocurre dejando caer un objeto sobre una superficie de agua quieta: si el objeto fuera pequeño, las ondas no serían muy marcadas, mientras que si fuera de dimensiones notables, las ondas resultarían mucho más evidentes.
Si se dibujara en un gráfico la magnitud del desplazamiento de cada partícula alrededor del punto en que se encuentra con referencia al tiempo transcurrido, se obtendría el dibujo de la onda sonora; en general esta onda tiene la forma de un sinusoide y su principal característica es el tiempo que emplea para desarrollarse completamente, hasta que se repita completamente en un segundo ciclo.
Este tiempo se define como período de la onda y se mide en segundos o fracciones de segundo. Si en cambio, se mide su inversa, es decir, el número de ciclos que ejecuta la onda en el tiempo de un segundo, se define otra magnitud que resulta muy conocida: la frecuencia (que se mide en ciclos por segundo o hercios).
El sonido emitido por un instrumento siempre está caracterizado por una frecuencia fundamental, la correspondiente a la nota emitida, pero que está normalmente acompañada por otras ondas sonoras, con una frecuencia que es múltiplo entero (doble, triple, etc.) de la fundamental.
Estas ondas se llaman armónicas superiores y son importantes porque su presencia (en cantidad) le proporciona una característica al sonido (llamada timbre) que diferencia a los instrumentos musicales entre sí. El resultado final de la onda junto al de sus armónicos, es una forma no sinusoidal, obtenida sumando las diversas ondas.

Además del timbre, existen otros tres elementos indsipensables para caracterizar una onda sonora: la duración, la altura y la intensidad. La duración es la caracteríctica del sonido que calcula el espacio de tiempo durante el que se percibe el sonido. Por lo tanto, la duración especifica durante cuánto tiempo la fuente sonora hace vibrar las partículas que transmiten la onda (compuesta por moléculas de aire en el caso de la atmósfera y por moléculas de agua, en un estanque). La unidad de medida de la duración es un tiempo, por ejemplo, en segundos.

La altura, en cambio, especifica como es de grave o agudo un sonido. Se mide en hercios y cuanto más elevada sea la frecuencia más agudo será el sonido. En teoria nuestro oído podría percibir sonidos comprendidos entre 20 y 20.000 hercios: con el paso de los años y también a causa de la continua contaminación acústica a la que estamos diariamente sometidos perdemos muchas de nuestras facultades auditivas, en especial con respecto a las frecuencias extremas, y sobre todo a las más altas. De cualquier manera y a nuestros efectos el asunto no tiene demasiada importancia puesto que los ordenadores y los altavoces que se les suelen conectar no permiten prestaciones musicales extremas.

El tercer elemento, la intensidad, resulta el más fácil de entender. Nos enfrentamos diariamente a aparatos como el televisor, el casete, la radio, y otros muchos, a los que se les puede regular el volumen. Girando determinados mandos podemos variar la intensidad total, es decir, el volumen del aparato.

Llamamos «total» a esta intensidad, puesto que bajando el volumen se disminuyen proporcionalmente todos los sonidos y todos los ruidos difundidos por el aparato. Dicho de otra manera, si imaginas el televisor como si fuera un instrumento y todos los sonidos como un único sonido, el mando «volumen» actúa sólo sobre el elemento «intensidad» permaneciendo invariables todos los demás.

La unidad de medida de la intensidad sonora es el decibelio.

Normalmente, el umbral mínimo para percibir un sonido oscila sobre 20 decibelios, mientras que el nivel a partir del cual se alcanza el llamado «umbral del dolor» (los sonidos demasiado fuertes pueden llegar a provocar daños irreversibles en el oído) es de aproximadamente 120-130 decibelios.

BEEP

Para generar y ejecutar música y sonidos el BASIC de tu Spectrum dispone de una instrucción específica: BEEP. La instrucción

```
BEEP SEC, SEM
```

hace que suene una nota de altura y amplitud variables:

- SEC indica su duración en segundos.
- SEM indica su amplitud.

Para comprobar rápidamente su funcionamiento escribe en el teclado en modo inmediato:

```
BEEP 1,0 (seguido de ENTER)
```

Tendrías que oír una nota durante un segundo aproximadamente y con una tonalidad correspondiente a la de un DO medio.
La duración, que tiene que quedar comprendida entre 0,00125 y 10, se expresa, como ya hemos explicado, en segundos.
Cualquier tiempo inferior a 0,00125 no producirá nigún sonido, con un tiempo mayor de 10 segundos veremos aparecer el mensaje de error «INTERGER OUT OF RANGE».
El segundo número, aquel que indica la amplitud, tiene que estar entre –90 y 69; cada escalón indica un semitono por encima o por debajo del DO medio (representado por el número 0). Por lo tanto, BEEP 1,1 producirá una nota, un semitono más alta que el DO central (un DO sostenido) con una duración de un segundo, y BEEP 1, –10 producirá un sonido 10 semitonos por debajo del DO central (un RE).

Este breve programa toca cincuenta notas, todas ellas una octava más altas que el DO central. Cada nota es más breve que la anterior, variando el valor desde 1 hasta 0,02 (segundos):

```
10 FOR X = 1 TO 50
20 BEEP 1/X, 12
30 NEXT X
```

Este segundo programa, en cambio, mantiene todas las notas con la misma duración, pero ejecuta toda la escala cromática desde 60 semitonos por debajo del DO central hasta 60 semitonos por encima de él:

```
10 FOR X=-60 TO 60
20 BEEP 0.5, X
30 NEXT X
```

A continuación puedes ver una tabla que indica el número de tonalidades por octava desde el DO central (0) al DO (12):

Tonalidad con BEEP	Nota
0	DO
1	DO #
2	RE
3	RE #
4	MI
5	FA
6	FA #
7	SOL
8	SOL #
9	LA
10	LA #
11	SI
12	DO

Las notas por debajo del DO central son números negativos. Las notas más altas o más bajas se obtienen añadiendo o quitando 12 semitonos por cada octava, tanto hacia arriba como hacia abajo (de hecho, cada octava está compuesta por doce semitonos).
Probablemente hayas observado que el sonido producido por BEEP no resulta demasiado elevado.
Para obtener un sonido más fuerte es necesario conectar el Spectrum a un amplificador exterior.
Para ello se puede recurrir a la mayor parte de los amplificadores dotados de toma MIC.
Es posible conectar el amplificador tanto a la toma MIC como a la toma EAR del Spectrum; la única diferencia es que el sonido proveniente de la toma EAR es ligeramente más fuerte que el de MIC.

Una vez efectuada la conexión el volumen se puede regular directamente desde el amplificador.

Un último detalle: si tecleas la instrucción:

```
POKE 23609,255
```

en modo directo, verás que el ordenador emite un «bip» cada vez que pulsas una tecla. La duración de este «bip» puede variar fácilmente indicando un número distinto, entre 0 y 255 después del POKE 23609. El valor 0 eliminará la emisión sonora.

Síntaxis de la función

BEEP SEC, SEM

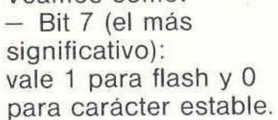


ATTR

ATTR es una función que permite conocer los atributos (es decir, las condiciones actuales de papel, tinta, flash, etc.) de una determinada posición de la pantalla. Esta instrucción emplea dos argumentos: el primero indica la posición de pantalla mediante una línea y el segundo con una columna. Así la instrucción:

```
PRINT ATTR (4,5)
```

imprime la situación de los atributos existentes en la línea 4, columna 5 de la pantalla.
Nótese que a diferencia de otras funciones estudiadas hasta ahora, los argumentos de ATTR tienen que estar obligatoriamente (y no facultativamente) encerrados entre paréntesis.
Ahora, analicemos más cuidadosamente el resultado de ATTR: este es un número cuya forma binaria es la que describe completamente los diferentes atributos.
Veamos como:
– Bit 7 (el más significativo):
vale 1 para flash y 0 para carácter estable.



– Bit 6: vale 1 para luminosidad extra y 0 para la normal.
– Bits 5,4,3: proporcionan el color del papel.
– Bits 2,1,0: proporcionan el color de la tinta.

Como es natural, los argumentos de ATTR tienen que estar incluidos dentro de los límites legales, a saber:

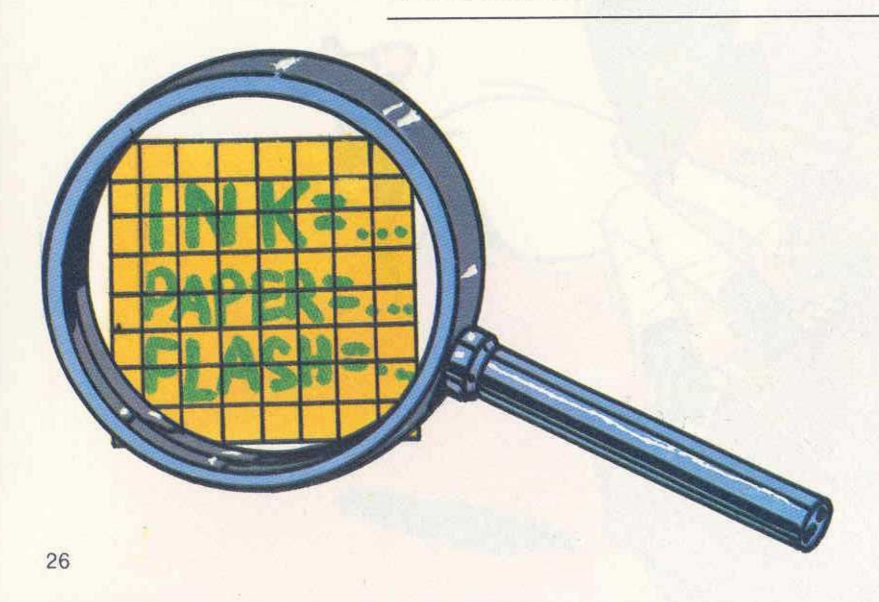
0 = < línea < = 23
0 = < columna < = 31

Caso de sobrepasar estos límites encontraremos un mensaje de error. Este programa te indica como debes operar para obtener los 4 atributos:

```
 10 INPUT "LINEA"; R
 20 INPUT "COLUMNA"; C
 30 LET A = ATTR (R,C)
 40 PRINT "FLASH:"; INT (A/128)
 50 IF A > = 128 THEN LET A = A – 128
 60 PRINT "BRIGHT:"; INT (A/64)
 70 IF A > = 64 THEN LET A = A – 64
 80 PRINT "PAPER:"; INT (A/8)
 90 IF A > = 8 THEN LET A = A – 8 * INT (A/8)
100 PRINT "INK:"; A
110 STOP
```

Sintaxis de la función

ATTR (línea, columna)



SCREEN$

La función SCREEN$ proporciona el carácter que actualmente se encuentra en pantalla, en la posición indicada con los parámetros de línea y columna introducidos como argumento de la función.
Se escribe:

SCREEN$ (L, C)

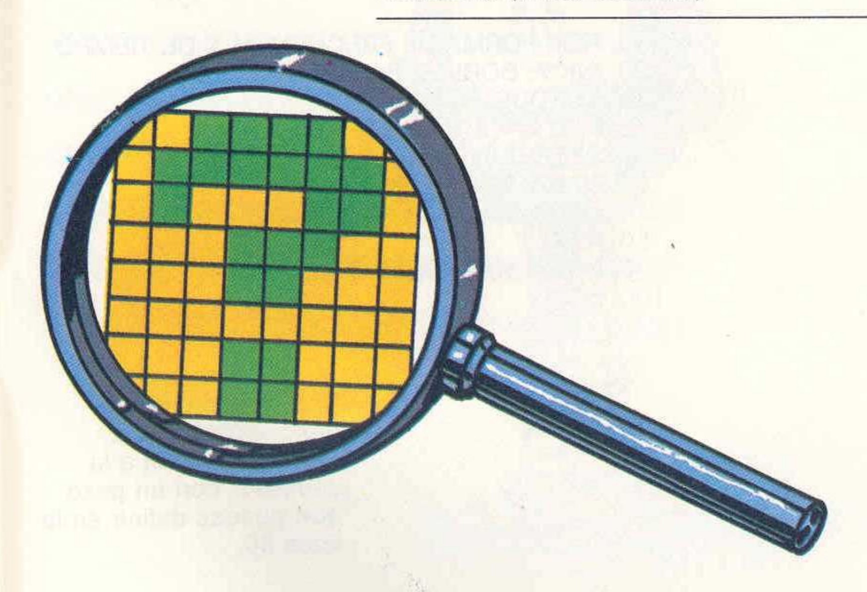
Observa que también en este caso es obligatorio el uso de paréntesis. Además los límites deben ser:

0 = < L < = 21
0 = < C < = 31

De sobrepasarse estos límites se visualizará el mensaje de error INTERGER OUT OF RANGE.
La función SCREEN$ reconoce todos los caracteres del conjunto estándar del Spectrum, tanto si están visualizados en modo directo como si lo están en inverso, es decir, todos los caracteres cuyas descripciones están memorizadas en la ROM.
Si el carácter no fuera reconocido, se proporcionaría como resultado una cadena vacía.

Sintaxis de la función

SCREEN$ (línea, columna)



Programas sonoros

La parte de nuestra lección dedicada a la programación profundizará –mediante algunos ejemplos prácticos– el uso de las instrucciones BEEP. Los microordenadores más sofisticados ofrecen, además de la posibilidad de tocar notas sueltas, también la de producir dos o tres juntas (con eventuales variaciones de frecuencia) y a veces poseen un generador de ruido blanco, para crear sonidos parecidos al del mar. Tu Spectrum, ciertamente, no puede resistir esta comparación, pero es posible usar algunos trucos para ir más allá de los sencillos sonidos que proporciona BEEP. Los dos programas que siguen te ilustrarán como producir desarrollos de frecuencia de distintos tipos. Cada uno de ellos añade al efecto sonoro un efecto gráfico, que te permite comprender también visualmente el efecto de las diversas instrucciones. He aquí el primero:

```
 10 REM FORMA DE FRECUENCIA Y DE TIEMPO
 20 INK 7: BORDER 6: PAPER 1: CLS
 30 LET DUR = 0.05
 40 FOR F = 0 TO 2 STEP 0.5
 50 BEEP DUR,F
 60 DRAW 300 * DUR, 20 * F
 70 LET DUR = DUR - 0.005
 80 NEXT F
 90 DRAW 50, 0: BEEP 0.5,2
100 STOP
```

El segundo sube (o desciende) de una frecuencia dada a la sucesiva, con un paso que puedes definir en la línea 30.

```
 10 REM FORMAS DE FRECUENCIA
 20 BORDER 4: PAPER 4: CLS
 30 LET F = 0: LET FE = 3: LET S = 1
 40 FOR X = F TO FE STEP S
 50 DRAW 25 * 5,20 * X
 60 BEEP 0.03, X
 70 NEXT X
 80 DRAW 20,0: BEEP 0.2, FE
 90 FOR Y = FE TO F STEP - S
100 DRAW 25 * S, - 20 * Y
110 BEEP 0.03, Y
120 NEXT Y
130 STOP
```

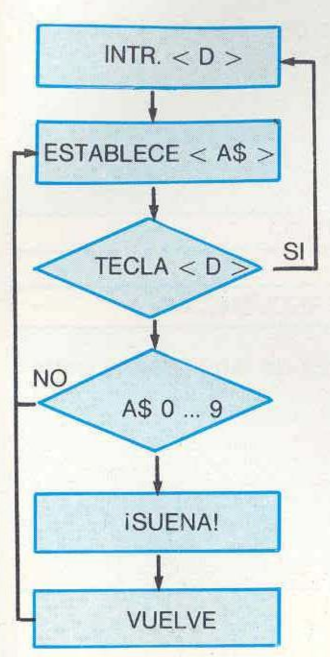


Como tercer programa intentemos ejecutar una pequeña pieza musical. La técnica a emplear es muy simple: basta con convertir las diversas notas (y sus duraciones) en los correspondientes valores numéricos a insertar en el Spectrum (siguiendo la tabla que hemos visto al tratar de BEEP), incluirlos en una serie de data y proceder a la ejecución mediante un bucle FOR. He aquí el listado:

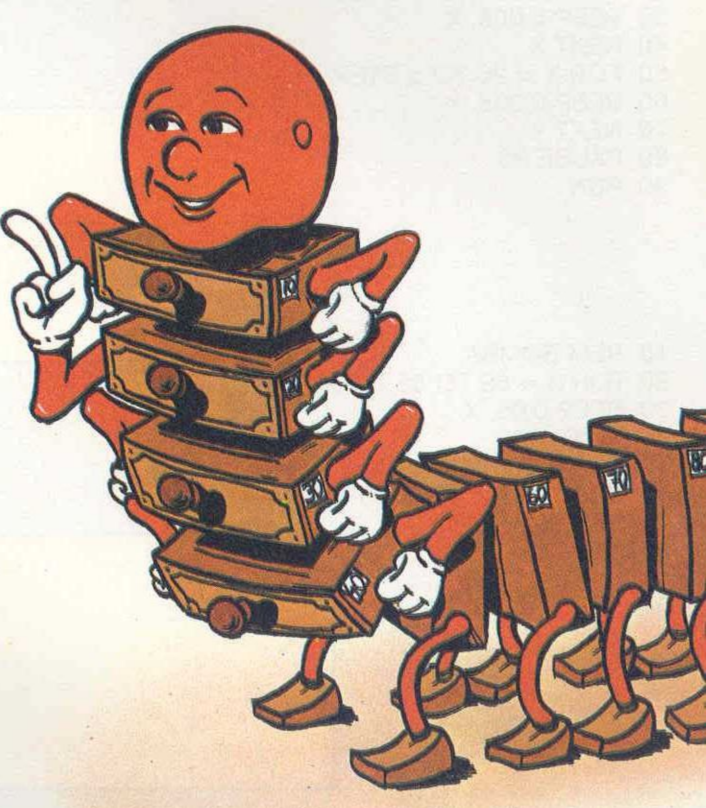
```
  5 LET K = 0.7: LET N = 0.5
 10 FOR I = 1 TO 24
 20 READ DUR
 30 READ ALT
 40 BEEP N/DUR, K + ALT
 50 NEXT I
 60 DATA 2, –5, 2, –5, 1, 0, 1, 0
 70 DATA 2, –5, 2, –5, 1, 0, 1, 0
 80 DATA 2, 2, 2, 2, 1, 4, 1, 4
 90 DATA 2, 2, 2, 2, 1, 4, 1, 4
100 DATA 1, 7, 0.5, 7, 1, 7, 0.5, 7
110 DATA 2, 7, 2, 5, 1, 4, 1, 4
```

Teclado musical

Es fácil transformar al Spectrum en un instrumento musical. Prueba con este programa. Las teclas numéricas se convierten en las teclas de un divertido órgano. Pulsando "D" (presta atención al modo en que escribes, mayúsculas o minúsculas) puedes definir según tu gusto la duración de cada nota: empieza por ejemplo con 0.2.
Después de haber aporreado un rato, puedes pensar en un programa más sofisticado, capaz de controlar un mayor número de teclas y de producir una escala de notas más extensa.




```
10 INPUT "D ="; D
20 LET A$ = INKEY$
30 IF A$ = "D" THEN GO TO 10
40 IF A$ < "0" OR A$ > "9" THEN GO TO 20
50 BEEP D, VAL A$
60 GO TO 20
```



EJERCICIOS

El efecto sonoro de este programa es el de una escala decreciente. ¿Qué cosa cambiarías para obtener el efecto opuesto, es decir, la creciente?

```
10 LET DUR = 0.03
20 FOR N = 60 TO 1 STEP -1
30 BEEP DUR,N: NEXT N
```

A	EL PROGRAMA ENTERO
B	LA DURACION
C	EL CICLO DE LAS FRECUENCIAS

Carga y ejecuta los siguientes programas; trata después de modificarlos para hacerlos más realistas o sugestivos.

```
10 REM LASER
20 FOR X = 5 TO 20 STEP 1.5
30 BEEP 0.008, X
40 NEXT X
50 FOR Y = 20 TO 5 STEP -1.5
60 BEEP 0.008, Y
70 NEXT Y
80 PAUSE 30
90 RUN
```

LASER

```
10 REM BOMBA
20 FOR X = 69 TO 55 STEP -0.3
30 BEEP 0.05, X
40 NEXT X
50 FOR Y = 0 TO 20
60 BEEP 0.01, -10: BEEP 0.01, -50
70 BEEP 0.01, -60
80 NEXT Y
```

BOMBA

